# 松毛虫质型多角体病毒的宿主域与交叉感染

赵同海[1]，陈昌洁[1]，徐　静[2]，张青文[2]
(1. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所，北京　100091；2. 中国农业大学昆虫学系，北京　100094)

**摘要**：自 1956 年从赤松毛虫 *Dendrolimus spectabilis* 上首次发现赤松毛虫质型多角体病毒 1 型(*D. spectabilis* cytovirus 1, DsCPV-1)以来，先后从马尾松毛虫 *D. punctatus*、油松毛虫 *D. tabulaeformis*、赤松毛虫、德昌松毛虫 *D. p. tehchangensis*、文山松毛虫 *D. p. wenshangensis* 和落叶松毛虫 *D. superans* 上发现了质型多角体病毒(cytoplasmic polyhedrosis virus, CPV)。病毒基因组 dsRNA 电泳图谱分析表明，这些松毛虫 CPV 的不同分离株均属于质型多角体病毒 1 型(cytovirus 1)。这些松毛虫 CPV 病毒可以感染鳞翅目 10 科 35 种昆虫，其中对多种昆虫具有很高的感染力和良好的杀虫效果，可以从中筛选替代宿主生产松毛虫 CPV 杀虫剂，用于害虫生物防治。松毛虫 CPV 接种某些昆虫后病毒的基因组 dsRNA 电泳图谱发生了改变，可能是异源病毒诱发了宿主自身潜伏型病毒的感染复制。

**关键词**：松毛虫；质型多角体病毒；宿主域；交叉感染；潜伏型病毒
**中图分类号**：Q965.8　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2004)01-0117-07

# Host range and cross infection of cytoplasmic polyhedrosis viruses from *Dendrolimus* spp.

ZHAO Tong-Hai[1], CHEN Chang-Jie[1], XU Jing[2], ZHANG Qing-Wen[2] (1. Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry Sciences, Beijing 100091, China; 2. Department of Entomology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

**Abstract**: Since DsCPV-1 (*Dendrolimus spectabilis* cytovirus 1) was discovered and separated from *Dendrolimus spectabilis* in 1965 in Japan, there have been 6 isolates of cytoplasmic polyhedrosis virus separated respectively from *D. punctatus*, *D. tabulaeformis*, *D. spectabilis*, *D. p. tehchangensis*, *D. p. wenshangensis* and *D. superans* in China. Electrophoretic analysis of the genome dsRNA of these CPV isolates showed that they all should be classified into the cytovirus 1 as the DsCPV-1. These *Dendrolimus* spp. CPV isolates can infect 35 species of insects in 10 families of Lepidoptera and have a well infectious ability and cause high mortality on many of them, so they also could be used in the control and these insects could be used as candidates for alternate hosts to produce *Dendrolimus* spp. CPV pesticides. The genome profiles of the viruses obtained from some insects infected by these *Dendrolimus* spp. CPV isolates are different from that of the inoculants, but related closely, if not identical, to viruses from these insects. These may be explained as that the occult viruses of hosts were activated by other viruses.

**Key words**: *Dendrolimus* spp.; cytoplasmic polyhedrosis virus; host range; cross infection; occult viruses

松毛虫质型多角体病毒(cytoplasmic polyhedrosis virus, CPV)是世界性重大森林害虫松毛虫的重要致病微生物。研究表明它对松毛虫幼虫感染力强，致死率高，尤其是其可通过感病幼虫的排泄物或尸体进行水平扩散，通过产卵进行垂直传递，对松毛虫灾害具有良好的持续控制效果(陈昌洁等，1988)，凡使用过松毛虫 CPV 杀虫剂的林区，可长达数年不发生松毛虫灾害。几十年来，作为防治松毛虫的一个有效手段，松毛虫 CPV 在我国松毛虫灾害的综合治理中起着非常重要的作用(陈昌洁等，1990)。

宿主域和交叉感染是昆虫病毒的重要研究内容之一，松毛虫 CPV 同呼肠孤病毒科(Reoviridae)质型多角体病毒属(*Cypoviruses*, CPV)的其他成员一样，也具有较为广泛的宿主范围。这一点为选择替代宿主生产病毒制剂，促进松毛虫 CPV 在松毛虫灾害治理上的应用提供了可能。长期以来，人们在了解松

基金项目：国家自然科学青年基金项目(30000134)
作者简介：赵同海，男，1965 年 10 月生，河北大名人，博士，副研究员，研究方向为森林害虫的生物防治，E-mail：tonghaizhao@yahoo.com.cn
收稿日期 Received：2003-02-13；接受日期 Accepted：2003-04-29

毛虫 CPV 的宿主范围，筛选合适的替代宿主生产病毒杀虫剂，评价松毛虫 CPV 杀虫剂对环境中生物多样性的影响等方面，进行了大量的研究工作。

研究发现，松毛虫 CPV 可以使鳞翅目 10 科 31 种昆虫感染发病，其中对多种昆虫具有很高的感染力和良好的杀虫效果，可以从中筛选生产松毛虫 CPV 杀虫剂的替代宿主。但松毛虫 CPV 接种某些昆虫，所引起宿主的感染发病，不是松毛虫 CPV 的交叉感染，而可能是异源病毒诱发了寄主自身潜伏型病毒的活化复制。

## 1 松毛虫 CPV 的不同分离株以及分类地位和命名

1956 年小山良之助等在日本关东地区从赤松毛虫 *Dendrolimus spectabilis* 上首次分离发现松毛虫 CPV，即后来定名的赤松毛虫 CPV 1 型（*D. spectabilis* cytovirus 1，DsCPV-1）。之后我国也陆续从马尾松毛虫 *D. punctatus*、油松毛虫 *D. tabulaeformis*、赤松毛虫、德昌松毛虫 *D. p. tehchangensis*、文山松毛虫 *D. p. wenshangensis*、落叶松毛虫 *D. superans* 上发现和分离了 CPV（陈昌洁，1990；贾春生等，1996）。这些 CPV 分离株均可以感染常见种类的松毛虫，用于松毛虫灾害的治理。

国际病毒分类委员会（ICTV）定义病毒"种"，是指构成一个复制谱系（replication lineage）、占据一个特定小生境（ecological niche）、具有多个分类特征的病毒。这就是说病毒种的分类和命名不是单纯由一个分类特征而是由多原则分类特征决定的，包括病毒的基因组组成，病毒颗粒形态结构、生理生化特性和血清学性质等；而病毒种的一个复制谱系则强调了病毒种的系统进化特性，即现今所有的病毒种可能起源于共同的病毒祖先；病毒种所占有的小生境是指某种病毒的特定生物学特性、地理分布、宿主范围、媒介的嗜亲性、致病机理等（徐耀先等，1999）。

国际病毒分类委员会采纳 Mertens 等（1989）提出的根据病毒基因组 dsRNA 电泳谱（genomic profile）对昆虫 CPV 进行分类的建议，把昆虫 CPV 分成不同的电泳型（electrophoretype）。规定 CPV 的命名，同时包括基因组电泳型与其原始宿主昆虫的名字（徐耀先等，1999）。根据 2002 年国际病毒学大会国际病毒分类委员会公布的病毒分类名录，DsCPV-1 与家蚕 CPV 1 型（*Bombyx mori* cytovirus 1，BmCPV-1）和舞毒蛾 CPV 1 型（*Lymantria dispar* cytovirus 1，LdCPV-1）同属于 CPV 电泳 1 型（cytovirus 1）。基因组 dsRNA 电泳研究表明，这些松毛虫 CPV 不同的分离株均属 cytovirus 1 型。

BmCPV-1 作为昆虫质型多角体病毒属的代表种，对其所进行的研究相对于其他种类的 CPV 较为深入。目前已发现 BmCPV-1 至少有 9 个不同的病毒株（strain），可根据其包含体的形态和在细胞内的定位来区分（Hukuhara and Bonami，1991），并命名为 BmCPV-1 的不同株系。

松毛虫 CPV 的不同分离株目前被认为是不同种类的 CPV，并分别以各自分离宿主松毛虫的种名进行命名，而对其各自的分子生物学特性、侵染范围、毒力效果等分类特征都缺乏深入的研究，只有陶粮等（1988）曾对 7 种来源不同的松毛虫 CPV 样品进行了初步的基因组电泳图谱比较，发现松毛虫 CPV 在 3% PAGE 基因组电泳图谱至少有两种不同的类型，而且存在有两种类型混合的电泳图谱。所以，这些不同来源的松毛虫 CPV 的分类地位和命名有待于进一步的研究和探讨。

同样 BmCPV-1、DsCPV-1 和 LdCPV-1 的命名也只是源于它们最先被分离的原始宿主名称。Payne 等（1978）曾对 BmCPV-1、DsCPV-1 和 LdCPV-1 三种病毒，Mertens 等（1989）对 DsCPV-1 与 BmCPV-1 的 2 个病毒株，在基因组电泳图谱、同源杂交及免疫学方面进行了比较研究，结果显示 DsCPV-1 和 LdCPV-1 在基因组电泳图谱方面没有任何差别，DsCPV-1 与 BmCPV-1 之间的微小差别也类似于 BmCPV-1 不同毒株之间的差别，在同源杂交和免疫学方面同样显示了它们之间极其紧密的遗传关系。BmCPV-1、DsCPV-1 和 LdCPV-1 在种的分类意义上的鉴定同样有待于研究的进一步深入。

## 2 松毛虫 CPV 对非原宿主昆虫的感染

### 2.1 松毛虫 CPV 可以感染的昆虫

1974 年 DsCPV-1 在日本成为世界上第一个注册使用的昆虫 CPV 杀虫剂，用于赤松毛虫灾害的治理；该病毒在前苏联用于防治欧洲松毛虫 *Dendrolimus pini* 和西伯利亚松毛虫 *D. superans*；在我国台湾用于防治马尾松毛虫均获得较好效果。1980 年以来，我国先后两次从日本引进 DsCPV-1，对我国的赤松毛虫、油松毛虫、马尾松毛虫、文山松毛虫、德昌松毛虫、思茅松毛虫和云南松毛虫等进行感染试验和防治研究，广泛应用于我国松毛虫灾害的治理工作。

表 1　松毛虫 CPV 感染的昆虫

Table 1　The insects that can be infected by *Dendrolimus* spp. cytoplasmic polyhedrosis viruses

| 科 Families | 昆虫种类 Species | 虫龄 Instars | 感染浓度 Dose (PIB/mL) | 幼虫感染率 Infective rates (%) | 死亡率 Mortalities (%) | 感病程度 Infective degrees | 参考文献 References |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 枯叶蛾科 Lasiocampidae | 马尾松毛虫 *D. punctatus* | 2~3 | $1\times10^7$ | — | 100 | + + + | 吴加林等，1994 |
| | 油松毛虫 *D. tabulaeformis* | 5 | $1\times10^7$ | — | 91 | + + + | 吴加林等，1994 |
| | 思茅松毛虫 *D. kikuchii* | 3 | $1\times10^7$ | — | 78.7 | + + + | 吴加林等，1994 |
| | 云南松毛虫 *D. latipennis* | 5 | $1\times10^7$ | — | 98 | + + + | 吴加林等，1994 |
| | 文山松毛虫 *D. p. wenshangensis* | 5 | $1\times10^7$ | — | 94.7 | + + + | 吴加林等，1994 |
| | 德昌松毛虫 *D. p. tehchangensis* | 3 | $1\times10^6$ | — | 97.2 | + + + | 吴加林等，1994 |
| | 高山小毛虫 *Cosmotriche saxosimilis* | 3~4 | $4\times10^6$ | — | 62.5 | + + + | 陈世维等，1988 |
| | 栗黄枯叶蛾 *Trabala vishnou* | 2 | $2\times10^6$ | — | 83.3 | + + + | 陈世维等，1988 |
| | 杨枯叶蛾 *Gastropacha populifolia* | 2 | $1\times10^8$ | 98 | 98 | + + + | 黄冠辉和刘彧桦，1987 |
| | 西昌杂毛虫 *Cyclophragma xichangensis* | 3 | $1\times10^7$ | — | 30 | + + | 吴加林等，1994 |
| 夜蛾科 Noctuidae | 棉铃虫 *Heliothis armigera* | 2 | $1\times10^6$ | 97 | — | + + + | 曾陈湘等，1997 |
| | 粉纹夜蛾 *Trichoplusia ni* | 3 | $1\times10^8$ | 100 | 100 | + + + | 周小毛和戴冠群，1993 |
| | 斜纹夜蛾 *Prodenia litura* | 3 | $1\times10^8$ | 93.3 | 13.3 | + + | 周小毛和戴冠群，1993 |
| | 甘蓝夜蛾 *Mamestra brassicae* | 2 | $1\times10^8$ | 100 | 100 | + + + | 黄冠辉和刘彧桦，1987 |
| | 银纹夜蛾 *Plusia agnata* | 2 | $1.5\times10^5$ | 100 | 100 | + + + | 马永平等，2001 |
| | 黑点银纹夜蛾 *Plusia nigrisigna* | 2 | $1\times10^8$ | 100 | 100 | + + | 黄冠辉和刘彧桦，1987 |
| | 粘虫 *Leucania separata* | 2 | $1\times10^8$ | 100 | 3.6 | + + + | 黄冠辉和刘彧桦，1987 |
| 毒蛾科 Lymantriidae | 杨雪毒蛾 *Stilpnotia candida* | 2 | $1\times10^8$ | 99.1 | 95.5 | + + + | 黄冠辉和刘彧桦，1987 |
| 螟蛾科 Pyralidae | 杨卷叶野螟 *Pyrausta diniasalis* | 2 | $1\times10^8$ | 100 | 0 | + | 黄冠辉和刘彧桦，1987 |
| | 棉卷叶野螟 *Sylepta derogata* | 2 | $1\times10^8$ | 96.8 | 25.8 | + + | 黄冠辉和刘彧桦，1987 |
| | 玉米螟 *Ostrinia nubilalis* | 2~3 | $1\times10^8$ | 97.2 | 40 | + + + | 黄冠辉等，1991 |
| 蜡螟科 Galleriidae | 大蜡螟 *Galleria mellonella* | 2~3 | $1\times10^8$ | 96 | 24 | + + | 周小毛和戴冠群，1993 |
| 粉蝶科 Pieridae | 小菜粉蝶 *Pieris rapae* | 3 | $1\times10^8$ | 100 | 56.3 | + + | 周小毛和戴冠群，1993 |
| 舟蛾科 Notodontidae | 杨扇舟蛾 *Clostera anachoreta* | 2 | $1\times10^8$ | 100 | 88.4 | + + + | 黄冠辉和刘彧桦，1987 |
| 刺蛾科 Limacodidae | 中国绿刺蛾 *Parasa sinica* | 2 | $1\times10^8$ | 100 | 80.2 | + + + | 黄冠辉和刘彧桦，1987 |
| 灯蛾科 Arctiidae | 点浑黄灯蛾 *Rhyparioides metelkana* | 2 | $1\times10^8$ | 100 | 22.2 | + + | 黄冠辉和刘彧桦，1987 |

+ 轻度 Light；+ + 中度 Medium；+ + + 重度 Serious.

大量的实验研究表明，松毛虫 CPV 的不同分离株均可以用于各种松毛虫的防治，而且依据不完全统计资料，不同来源的松毛虫 CPV 可以使包括 10 科 35 种鳞翅目昆虫感染发病，除表 1 所列出的昆虫

种类外，还有赤松毛虫、欧洲松毛虫、落叶松毛虫 *D. superans*、舞毒蛾、红腹毒蛾 *L. fumida*、黄褐天幕毛虫 *Malacosoma neustria testacea*、黑背天社蛾 *Phalera anastomosis*、美国白蛾 *Hyphantria cunea* 和旋古毒蛾 *Orgyia thyellina* Butler 等（Katagiri，1981；Youko and Kunitomo，1982）。

这些昆虫受到松毛虫 CPV 感染后，相互之间受感染发病的程度有很大差异，大致可分为三种情况：(1)未见死亡的轻度感染。幼虫中肠可检查到多角体，但中肠病变不甚明显，未见病毒引起幼虫病死，供试虫皆正常羽化为成虫，蛹便和成虫中肠可检查到多角体。此类昆虫如杨卷叶野螟，初步认为属于非致死感染。(2)中度感染。幼虫阶段可观察到不同程度的中肠病变，病毒可引起较低比例的幼虫死亡，大部分幼虫可发育为成虫，成虫中肠病变明显。如粘虫、点浑黄灯蛾等害虫。(3)重度感染死亡。幼虫及成虫中肠明显变白，病毒可引起大部分或全部幼虫致病死亡，如银纹夜蛾、甘蓝夜蛾、黑点银纹夜蛾、棉铃虫、粉纹夜蛾和杨枯叶蛾等。研究还显示，受松毛虫 CPV 感染致病的昆虫，其中肠开始变白的部位，依昆虫种类不同而异。甘蓝夜蛾和杨枯叶蛾等多数昆虫，中肠后部首先变白；而粘虫和棉大卷叶野螟，系中肠前部首先变白，随病势发展而逐渐向后扩展，这反映出不同昆虫在与松毛虫 CPV 关系上的某些差异（黄冠辉和刘彧桦，1987）。这些结果使我们在一定程度上了解松毛虫 CPV 侵染范围，利用松毛虫 CPV 防治多种鳞翅目害虫的可能性，同时也提示了筛选利用其它某些鳞翅目昆虫生产松毛虫 CPV 杀虫剂的可能性。

**2.2 松毛虫 CPV 感染非原宿主后对原宿主松毛虫的侵染活性与毒力变化**

昆虫病毒对非原宿主昆虫的交叉感染，由于不是其最适宜的宿主，在侵染活性与毒力水平上都会有所降低，交叉感染所得病毒的侵染活性和毒力水平也会发生不同程度的下降，但经过原宿主昆虫的增殖很快即可得到恢复（吕鸿声，1982）。

利用替代宿主生产松毛虫 CPV，所生产病毒能否保持对松毛虫较高的侵染活性和毒力水平，是关系到其是否适用的重要前提。陈昌洁（1990）和曾陈湘等（1996a，1996b，1997）都曾进行以棉铃虫为替代宿主生产松毛虫 CPV 的研究，结果显示通过棉铃虫生产的 Ha-DpCPV，对松毛虫有很高的感染率和较高的致死率，与原毒种相比毒力没有减退。

周小毛和戴冠群（1993）用以粉纹夜蛾幼虫为替代宿主增殖的 Tn-DpCPV 回接松毛虫幼虫亦获成功，对 3～4 龄和 4～5 龄松毛虫幼虫的 $LC_{50}$ 值分别为 $1.73\times10^5$ 和 $3.06\times10^5$ CPB/mL，与曾报道过的松毛虫 CPV 对松毛虫幼虫的毒力相比较，两者均有所提高。

**2.3 松毛虫 CPV 接种非原宿主后病毒基因组 dsRNA 电泳图谱的变化**

**2.3.1** 异源病毒对昆虫潜伏型病毒的诱发活化作用：昆虫病毒的潜伏型感染一直受到人们的广泛关注，但对其了解很不深入。在昆虫核型多角体病毒（nuclear polyhedrosis virus，NPV）的潜伏型感染与异源病毒诱发潜伏型病毒的活化复制方面，已有较为深入的研究报道（Hughes *et al.*，1993，1997；Lee *et al.*，1998；Lin *et al.*，1999）。Lee 等（1998）研究证实，*p*35 基因的缺失或突变可以导致草地夜蛾（*Spodoptera frugiperda*，SF）细胞苜蓿银纹夜蛾多粒包埋型 NPV（AcMNPV）的持久感染。潜伏型 Hz-1 病毒基因组核酸的一部分 DNA 分子插入到了寄主细胞的染色体上，并发现在 5 天时间内，约有 0.2% 的寄主细胞内出现了潜伏型病毒的自主活化复制，进而导致细胞死亡（Lin *et al.*，1999）。

Hughes 等（1993）研究报道，经 PCR 检测证实一甘蓝夜蛾实验种群携带有潜伏型的甘蓝夜蛾 NPV（MbMNPV），而且饲喂低剂量（每幼虫 $10^3$ 个多角体）的 AcMNPV 或松夜蛾 NPV（*Panolis flammea* NPV，PfNPV），可诱发这一甘蓝夜蛾种群体内潜伏型甘蓝夜蛾 NPV 的活化；使用高剂量（每幼虫 $10^6$ 个多角体）的异源病毒饲喂这一试验种群，以及两种剂量饲喂经 PCR 检测无甘蓝夜蛾 NPV 潜伏感染的甘蓝夜蛾野生种群，引起的都是 AcMNPV 或 PfNPV 病毒对甘蓝夜蛾的交叉感染。

**2.3.2** 松毛虫 CPV 对其宿主范围内昆虫的交叉感染：松毛虫 CPV 对其宿主范围内的昆虫交叉感染，表现为病毒能够感染并增殖，感染前后病毒的基因组电泳图谱不会发生变化。研究表明，松毛虫 CPV 的不同分离株对各种类型的松毛虫均可以造成感染发病，如文山松毛虫 CPV 病毒对文山松毛虫、德昌松毛虫和马尾松毛虫等多种松毛虫都有很高的感染力和很好的持效性，感染后病毒多角体的形态结构与基因组也十分稳定（马永平等，2000）。

马永平等（2001）报道 DpCPV-W1984 对银纹夜蛾幼虫具有很好的交叉感染能力，感染前后病毒的基因组 dsRNA 电泳图谱保持稳定。洪靖君等（2002）用 DpCPV-1（单虫体克隆湖南株）交叉感染甜菜夜蛾

4 日龄健康幼虫，甜菜夜蛾体内增殖后的病毒基因组电泳图谱保持不变。

**2.3.3**　松毛虫 CPV 对其他潜伏型昆虫病毒的诱发作用：陈昌洁等在 20 世纪 80 年代从日本引进 DsCPV-1 用于我国马尾松毛虫和文山松毛虫等森林害虫的治理，研究中发现 DsCPV-1 可以感染马尾松毛虫和文山松毛虫，并具有良好的防治效果，但感染后病毒的基因组电泳图谱发生了变化，比接种的 DsCPV-1 多出了两条带，分子量分别稍小于 DsCPV-1 基因组的第 6、7 个 dsRNA 片段；在紫外灯下与其他带相比，这两条带的亮度要弱很多（陈昌洁等，1988）。作者认为，病毒的基因组电泳图谱发生变化可能为两种不同病毒的混合所致，除以原 DsCPV-1 为主之外，还含有另外一种与 DsCPV-1 非常相近的松毛虫 CPV。这可能为我国马尾松毛虫和文山松毛虫自身潜伏存在的 CPV，接种 DsCPV-1 诱发了其活化复制（作者未发表资料）。

陈昌洁等（1988）在利用棉铃虫做替代宿主复制松毛虫 CPV 的研究中发现，DsCPV-1 感染棉铃虫幼虫所得病毒的多角体，与其感染马尾松毛虫得到的病毒多角体在形状上没有明显的区别，但基因组 dsRNA 电泳图谱与 DsCPV-1 的明显不同，呈现棉铃虫 CPV 病毒的类型；回接松毛虫后，病毒又恢复为 DsCPV-1 的类型。但陈昌洁等（1990）的研究结果又显示，DsCPV-1 感染棉铃虫后所得病毒同时具有 DsCPV-1 和棉铃虫 CPV 两种病毒的基因组 dsRNA 电泳图谱。这些结果说明，松毛虫 CPV 对棉铃虫既有交叉感染，又有对棉铃虫自身潜伏型 CPV 病毒的诱发作用，所用的棉铃虫与松毛虫试虫都可能有自身 CPV 的潜伏感染。

**2.3.4**　松毛虫 CPV 能否感染家蚕的研究：由于家蚕为重要的经济昆虫，松毛虫 CPV 能否感染家蚕直接影响着松毛虫 CPV 杀虫剂在养蚕区的使用问题，人们对这一课题投入了大量的研究。

陈世维等（1987，1988）的研究结果显示，接种 DsCPV-1 和文山松毛虫 CPV 对家蚕均不会造成感染发病，在养蚕区使用松毛虫 CPV 杀虫剂是安全的。

但是，日本的岩田 1967 年报道 DsCPV-1 可以感染家蚕 1～3 龄幼虫，所以在蚕区应用 DsCPV-1 杀虫剂防治松毛虫要特别慎重（吕鸿声，1982）；方定坚等（1981）报道马尾松毛虫 CPV 也能对桑蚕引起感染，尽管毒力比桑蚕 CPV 低 100 倍左右，病程也相对较慢。吕鸿声（1998）也报道了松毛虫 CPV 感染家蚕的研究，日本来源（北京复制）与南京来源的松毛虫 CPV 经口接种蚁蚕都能引起质型多角体病，但子代病毒基因组图谱与原来接种松毛虫 CPV 的不同，而呈 BmCPV-1 型。由此可见，松毛虫 CPV 本身可能不会交叉感染家蚕，但接种松毛虫 CPV 会诱发家蚕自身潜伏型病毒活化而使之感染发病。

为研究 CPV 在替代宿主体内连续多代繁殖后可能发生的遗传变异情况，钱纪放和吕鸿声对棉铃虫 CPV 北京株感染家蚕后病毒的基因组电泳图谱进行了较为深入的研究。棉铃虫 CPV 北京株多角体经口接种家蚕幼虫，子代病毒基因组 dsRNA 电泳图谱呈 BmCPV-1 型，而非原接种物 CPV 北京株的电泳型，重复接种分析 5 次，结果完全一样。另以棉铃虫 CPV 北京株与 BmCPV-1 多角体混合，经口感染蚁蚕，以在蚕体连续繁殖 6 代与 11 代，并以棉铃虫 CPV 北京株分子筛层析第一峰提纯病毒经皮接种 5 龄家蚕血体腔，以获得子代病毒。所有这些不同接种物、不同接种方式和不同传代次数，凡通过蚕体增殖的棉铃虫 CPV 北京株病毒后代，其基因组图谱均属 BmCPV-1 型，均无一例外。而以在蚕体繁殖不同代数的病毒回接棉铃虫，一样能引起棉铃虫发病，但由此产生的病毒，其基因组图谱完全恢复了棉铃虫 CPV 北京株类型，而不显示 BmCPV-1 基因组图谱（吕鸿声，1998）。

综上所述，松毛虫 CPV 接种某些非原宿主昆虫，以及棉铃虫 CPV 北京株接种家蚕，病毒的基因组电泳图谱发生变化，很可能是异源病毒诱发了宿主自身潜伏型病毒的活化复制，而不属于交叉感染。就棉铃虫 CPV 北京株接种家蚕与回复接种棉铃虫的试验结果，吕鸿声（1998）认为至少还有另外一种可能的解释，即：棉铃虫 CPV 北京株本身就是一个包括 BmCPV-1 在内的遗传上异质的复合体。当此异质复合体共感染（co-infection）家蚕时，BmCPV-1 以家蚕为原始宿主或最适宿主在复制时处于优势，而棉铃虫 CPV 在家蚕中作为次要病毒与 BmCPV-1 共复制，但在量上被优势病毒所“掩盖”，基因组电泳分析时，显示优势种 BmCPV-1 的基因组图谱；一旦回接棉铃虫时，棉铃虫 CPV 北京株在棉铃虫体内变成优势病毒大量复制，基因组电泳图谱又回复成棉铃虫 CPV 北京株类型。

由此可见，松毛虫 CPV 或昆虫 CPV 接种非原宿主后病毒基因组发生变化的原因和机理，有待于进一步深入研究，而这些问题的阐明无疑在昆虫病毒理论和应用上都具有重要的意义。

## 参 考 文 献 (References)


Chen CJ, 1990. Integrated Management of Pine Caterpillars in China. Beijing: China Forestry Publishing House. 282－300.［陈昌洁，1990. 松毛虫综合管理. 北京：中国林业出版社. 282－300］

Chen CJ, Wang ZX, Liu G, Gao ZH, Tao L, Chen JY, Wang ZN, 1988. Studies on introduction and utilization of the pine caterpillar *Dendrolimus spectabilis* CPV. *Forest Research*, 1(1): 14－24.［陈昌洁，王志贤，刘革，高志和，陶粮，陈建寅，王震南，1988. 赤松毛虫质型多角体病毒的引进和利用研究. 林业科学研究，1(1): 14－24］

Chen CJ, Wang ZX, Tao L, Liu G, 1990. The replication of *Dendrolimus punctatus* CPV by *Heliothis armigera*. *Forest Research*, 3 (3): 263－265.［陈昌洁，王志贤，陶粮，刘革，1990. 利用棉铃虫为宿主增殖松毛虫质型多角体病毒. 林业科学研究，3(3): 263－265］

Chen SW, Chen EH, Suo QH, Duan ZY, Wei Y, Zhang LD, 1988. The cross infection of *Dendrolimus spectabilis* cytovirus 1 to 11 insects of Lepidoptera, *Forestry Science and Technology of Yunnan Province*, 1: 47－49.［陈世维，陈尔厚，索启恒，段兆尧，卫银，张力德，1988. 日本赤松毛虫质型多角体病毒对鳞翅目11个虫种的交叉感染试验. 云南林业科技，1: 47－49］

Chen SW, Chen EH, Suo QH, Duan ZY, Yang Y, Hou MY, 1987. Preliminary study on infection of *Bombyx mori* with DpwCPV. *Forestry Science and Technology of Yunnan Province*, (1): 61－63.［陈世维，陈尔厚，索启恒，段兆尧，杨镛，侯美英，1987. 文山松毛虫质型多角体病毒感染家蚕试验初报. 云南林业科技，(1): 61－63］

Chen SW, Chen EH, Suo QH, Duan ZY, Yang Y, Hou MY, 1988. Study on infection of *Bombyx mori* with DsCPV-1. *Forestry Science and Technology of Yunnan Province*, (2): 38－41.［陈世维，陈尔厚，索启恒，段兆尧，杨镛，侯美英，1988. 日本赤松毛虫质型多角体病毒感染家蚕试验. 云南林业科技，(2): 38－41］

Fang DJ, Du JY, Yi JH, Deng JR, Liu QL, Wu RG, 1981. Study on infection of *Bombyx mori* with DpCPV. *Guangdong Agricultural Science*, (5): 26－28.［方定坚，杜经元，易敬华，邓健如，刘清浪，吴若光，1981. 马尾松毛虫质型多角体病毒对桑蚕的感染. 广东农业科学，(5): 26－28］

Hong JJ, Peng HY, Duan JL, 2002. New advances in the study of insect cytoplasmic polyhedrosis viruses. *Acta Entomologica Sinica*, 45(6): 815－821.［洪靖君，彭辉银，段家龙，2002. 昆虫质多角体病毒研究的若干新进展. 昆虫学报，45(6): 815－821］

Huang GH, Liu YH, 1987. Transmission of a cytoplasmic polyhedrosis virus of the *Dendrolimus spectabilis* to some lepidopterous insects. *Chinese Journal of Biological Control*, 3 (4): 185.［黄冠辉，刘彧桦，1987. 赤松毛虫质型多角体病毒的交叉感染试验. 生物防治通报，3 (4): 185］

Huang GH, Wang WG, Liu YH, Zhang ZY, Li HY, 1991. Study on infection of *Ostrinia furnacalis* with some insect viruses. *Virologica Sinica*, 6 (4): 335－339.［黄冠辉，王卫国，刘彧桦，张增艳，李会玉，1991. 几种昆虫病毒交叉感染玉米螟的研究. 中国病毒学，6(4): 335－339］

Hughes DS, Possee RD, King LA, 1993. Activation and detection of a latent baculovirus resembling *Mamestra brassicae* nuclear polyhedrosis virus in *M. brassicae* insects. *Virology*, 108－615.

Hughes DS, Possee RD, King LA, 1997. Evidence for the presence of a low-level, persistent baculovirus infection of *Mamestra brassicae* insects. *Journal of General Virology*, 78: 1 801－1 805.

Hukuhara T, Bonami JR, 1991. Reoviridae. In: Adams JR, Bonami JR eds. Atlas of Invertebrate Virus. Boca Raton: CRC Press. 393－434.

Jia CS, You SJ, Wang L, 1996. Study on histopathology of *Dendrolimus superans* infected by *Dendrolimus superans* cytoplasmic polyhedrosis virus. *Journal of Jilin Forestry University*, 12(3): 130－133.［贾春生，由士江，王力，1996. 落叶松毛虫质型多角体感染落叶松毛虫的组织病理学观察. 吉林林学院学报，12(3): 130－133］

Katagiri K, 1981. Pest control by cytoplasmic polyhedrosis viruses. In: Burges HD ed. Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970－1980. New York: Academic Press. 433－440.

Lee JC, Chen HH, Chao YC, 1998. Persistent baculovirus infection results from deletion of the apoptotic suppressor gene *p35*. *J. Virol.*, 72 (11): 9 157－9 165.

Lin CL, Lee JC, Chen SS, Wood HA, Li ML, Li CF, Chao YC, 1999. Persistent Hz-1 virus infection in insect cells: Evidence for insertion of viral DNA into host chromosomes and viral infection in a latent status. *J. Virol.*, 73(1): 128－139.

Lu HS, 1982. Insect Viruses and Insect Viral Diseases. Beijing: Science Press. 184－185.［吕鸿声，1982. 昆虫病毒与昆虫病毒病. 北京：科学出版社. 184－185］

Lu HS, 1998. Molecular Biology of Insect Viruses. Beijing: China Agricultural Scientech Press. 439－442.［吕鸿声，1998. 昆虫病毒分子生物学. 北京：中国农业科技出版社. 439－442］

Ma YP, Meng XL, Hu R, Xu JP, Li YQ, Lu N, 2000. Heredity stability of *Dendrolimus punctatus* CPV-W1984 strain. *Forest Pest and Disease*, 4: 7－9.［马永平，孟小林，胡蓉，徐进平，李燕轻，卢南，2000. 松毛虫质型多角体-W1984株的遗传稳定性. 森林病虫通讯，4: 7－9］

Ma YP, Meng XL, Hu R, Xu JP, 2001. Comparison of producing *Dendrolimus punctatus* cytoplasmic polyhedrosis virus in substitutive host insect. *Virologica Sinica*, 16(2): 155－160.［马永平，孟小林，胡蓉，徐进平，2001. 替代宿主增殖松毛虫质型多角体病毒的比较研究. 中国病毒学，16(2): 155－160］

Mertens PPC, Crook NE, Rubinstein R, Pedley S, Payne CC, 1989. Cytoplasmic polyhedrosis virus classification by electropherotype: Validation by serological analyses and agarose gel electrophoresis. *J. Gen. Virol.*, 70: 173－185.

Payne CC, Mertens PPC, Katagiri K, 1978. A comparative study of three closely related cytoplasmic polyhedrosis viruses. *J. Invertebr. Pathol.*, 32: 310－318.

Tao L, Chen CJ, Wang ZX, Gao ZH, Wang MM, Cai XY, 1988. Study on the comparison of RNA genome segments of seven cytoplasmic polyhedrosis viruses of *Dendrolimus* spp. *Scientia Silvae Sinicae*, 24 (1): 28－33.［陶粮，陈昌洁，王志贤，高志和，王牧牧，蔡秀玉，1988. 七株松毛虫质型多角体病毒RNA基因图谱比较研究. 林业科学，24(1): 28－33］

Wu JL, Su ZY, Wang YH, Huang YY, Liang DR, 1994. Study on the host rang of the DptCPV, insecticidal microorganism. *Disinsectional*

*Microorganism*，4：215 – 217.［吴加林，苏志远，王永红，黄跃跃，梁东瑞，1994. 德昌松毛虫质型多角体病毒宿主域研究. 杀虫微生物，4：215 – 217］

Xu YX，Xie MX，Xiang JM，1999. Research advances on the international rule of virus nomenclature and the universal system of taxonomy. *Virologica Sinica*，14(3)：190 – 204.［徐耀先，解梦霞，向近敏，1999. 病毒命名与分类系统研究进展. 中国病毒学，14(3)：190 – 204］

Youko N，Kunitomo Y，1982. Development of disease in several species of lepidopterous insects subjected to cross-infection with cytoplasmic polyhedrosis viruses. *Jap. J. Appl. Ent. Zool.*，27：281 – 287.

Zeng CX，Wu RG，He XX，He LP，Xie C，Liu DH，Chen TL，1997. The study on producing *Dendrolimus punctatus* cytoplasmic polyhedrosis virus in substitutive host insect. *Forestry Science and Technology of Guangdong Province*，13(4)：6 – 13.［曾陈湘，吴若光，何雪香，何立平，谢诚，刘德胡，陈天来，1997. 利用替代寄主生产马尾松毛虫质型多角体病毒的研究. 广东林业科技，13(4)：6 – 13］

Zeng CX，Wu RG，He XX，1996a. Toxity of Ha-DpCPV which produced with *Heliothis armigera* as host to *Dendrolimus punctatus*. *Forestry Science and Technology of Guangdong Province*，12(1)：27 – 29.［曾陈湘，吴若光，何雪香，1996. 用棉铃虫生产的马尾松毛虫质型多角体病毒对马尾松毛虫的毒力. 广东林业科技，12(1)：27 – 29］

Zeng CX，Wu RG，He XX，1996b. Screening of DpCPV's substitutional hosts. *Forestry Science and Technology of Guangdong Province*，12(2)：22 – 27.［曾陈湘，吴若光，何雪香，1996b. 马尾松毛虫质型多角体病毒替代寄主筛选的研究. 广东林业科技，12(2)：22 – 27］

Zhou XM，Dai GQ，1993. Studies on the alternate host of a cytoplasmic polyhedrosis virus from the massonpine caterpillar，*Dendrolimus punctatus* Walker. *J. South China Agr. Univ.*，14(1)：114 – 121.［周小毛，戴冠群，1993. 马尾松虫质型多角体病毒替代宿主的研究. 华南农业大学学报，14(1)：114 – 121］

（责任编辑：黄玲巧）